



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 42 43 090 C 1

51 Int. Cl.⁵:
H 01 F 27/10
H 05 K 7/20
H 01 L 23/46
G 01 K 13/00

21 Aktenzeichen: P 42 43 090.9-32
22 Anmeldetag: 18. 12. 92
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 7. 94

DE 42 43 090 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

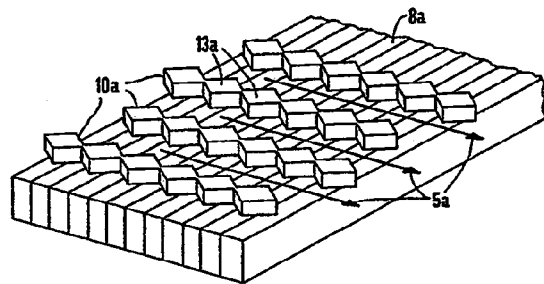
72 Erfinder:
Müller, Walter, Dr.-Ing., 91126 Schwabach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 38 17 280 A1
DE 30 36 230 A1
DE-OS 23 16 830
DE-GM 71 39 066
US 31 95 084

54 Distanzelement

57 Um einen verbesserten Wärmeübergang in Kühlkanälen von elektrischen Bauteilen, insbesondere in Spulen von Energietransformatoren, zu erzielen, wird vorgeschlagen, die zur Bildung von Kühlkanälen (5a) erforderlichen Distanzelemente (10a bis 10g) als Kühlelemente auszubilden. Die Distanzelemente (10a bis 10g) weisen dazu eine Formgebung auf, welche eine Vergrößerung der Kühlfläche ermöglicht. Als Material kommt bevorzugt Keramik, Glas oder Epoxdharz zur Anwendung. Ein weiterer Vorschlag bezieht sich auf Verwendung der Distanzelemente bei elektrischen Spulen (10a bis 10g).



DE 42 43 090 C 1

Um eine verbesserte Ausnutzung von Spulen für Drosseln oder Transformatoren zu erzielen, ist es bekannt, die Spule mit einem Medium zu kühlen. Dazu werden in die Wicklung der Spule Distanzelemente eingefügt, welche Kühlkanäle bilden. Durch die Kühlkanäle kann das Kühlmedium strömen. Die Distanzelemente sind üblicherweise als Leisten aus Preßspan ausgebildet und dabei derart bemessen, daß ein möglichst großer Anteil der Leiteroberfläche in Kontakt mit dem Kühlmedium steht.

In der Vergangenheit hat es mehrfach Vorschläge gegeben, den Wärmeübergang in den Kühlkanälen zu verbessern. Aus der DE-OS 23 16 830 ist es beispielsweise bekannt, in die Kühlkanäle wirbelerzeugende Elemente einzubringen, welche Turbulenzen in der Strömung des Kühlmediums erzeugen. Diese Turbulenzen erzeugen einen verbesserten Wärmeübergang vom Leiter der Spule auf das Kühlmedium. Die wirbelerzeugenden Elemente können dabei auch mit den Distanzelementen eine Baueinheit bilden. Diese Methode ist jedoch nur sehr begrenzt einsetzbar, da die Strömung des Mediums stark gebremst wird.

Aus der DE-OS 30 36 230 ist ein Distanzelement bekannt, das zur verbesserten Wärmeabfuhr als gewelltes Wärmeleitblech ausgebildet ist. Die US-PS 3,195,084 offenbart ein Distanzelement, das als Hohlkörper aus Metall ausgebildet ist. Das deutsche Gebrauchsmuster 71 39 066 zeigt ein leistenartiges Distanzelement, das zur besseren Verarbeitung auf einer biegsamen Bahn angeordnet ist. Das Element selbst kann aus Metall oder aus Kunststoff gefertigt sein. Diese Distanzelemente haben gemein, daß ihre wirksame Kühlfläche im wesentlichen in einer Ebene entlang der Kühlmittelströmung liegt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Wärmeübergang zum Kühlmedium in einem mit Kühlkanälen bildenden Distanzelementen versehenen Bauteil zu verbessern.

Die Lösung der Aufgabe gelingt mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Ausgehend von den bekannten Distanzelementen ging der Erfinder einen anderen Weg, der zu der erfindungsgemäßen Lösung führte. Die nachfolgenden Vorteile werden beispielhaft anhand der Anwendung bei einer Spule näher erläutert. Die Spule ist dabei bevorzugtes Teil eines Hochspannungstransformators. Das Bauteil kann jedoch auch z. B. als Widerstand oder Kondensator ausgebildet sein.

Bei den bekannten Distanzelementen wird ca. 25% der Leiterfläche abgedeckt, die dadurch nicht gekühlt werden kann. Durch Ausbildung des Distanzelements als Kühlelement kann diese Bauteiloberfläche mit in den Kühlprozeß eingeschlossen werden. Die Kühlung der Spule wird gleichmäßiger. Die Bildung von Heißstellen ist erheblich vermindert. Die Kühlwirkung kann erhöht werden, in dem die dem Kühlmedium zugewandte Kühlfläche groß gegenüber der den Leitern der Spule anliegenden Flächen ist. Bevorzugt wird die Kühlfläche durch eine Formgebung vergrößert. Dies kann jedoch auch durch die Materialeigenschaften, z. B. durch eine poröse Oberfläche, gegeben sein.

Eine weitere Steigerung der Kühlwirkung kann dadurch erzielt werden, daß das Distanzelement einen erhöhten Wärmeleitwert gegenüber einem herkömmlichen Distanzelement aufweist. Bevorzugt eignen sich dafür die Materialien Keramik, Glas, Epoxydharz oder

ein sonstiger wärmeleitender Nichtleiter.

Zur einfacheren Verarbeitung können Einzelkühlelemente vorgesehen sein, welche auf einem Trägermaterial unter Bildung von Kühlmittelpfaden angeordnet sind.

Ein solches mattenartiges Distanzelement läßt sich besonders einfach verarbeiten, wobei die Kühlkanäle als vernetzte Kühlmittelpfade ausgebildet sind. Dies hat eine erhöhte Verwirbelung des Kühlmediums und dadurch eine nochmals verbesserte Kühlwirkung zur Folge. Durch eine strukturierte Oberfläche des Distanzelements kann ebenfalls eine Verwirbelung des Kühlmediums erzielt werden.

Gegebenenfalls kann das Distanzelement mit einem ansich bekannten Sensor zur Temperaturerfassung versehen sein. Ein derartiges Kühlelement leistet auf diese Weise zusätzlich zur Kühlaufgabe auch noch einen Beitrag zur Steuerung und Überwachung der Spule. Gegenüber einer herkömmlichen Temperaturmessung in einer Spule liefert nun ein temperiertes Bauteil der Spule ein Temperatursignal. Bevorzugt kann die Erfassung mit Hilfe eines Lichtleiters erfolgen, der als Sensor im Distanzelement integriert ist und gegebenenfalls die Temperatur über die volle Länge des Distanzelements ortsabhängig erfaßt. Dadurch kann beispielsweise eine hot-spot-Messung entlang einer radialen oder auch axialen Richtung innerhalb einer Spule erzielt werden. Der Sensor ist dabei, gegebenenfalls ebenfalls über einen Lichtleiter, mit einer Einrichtung zur Temperaturüberwachung- und -signalisierung, sowie mit weiteren steuer- und regeltechnischen Einrichtungen für die Spule verbunden. Es kann dabei zweckmäßig sein, den Kühlkreislauf oder auch den elektrischen Betrieb der Spule in Abhängigkeit von der erfaßten Temperatur zu betreiben. Dies kann nach allgemein bekannten Regelmethoden erfolgen oder auch nach gewichteten Gesichtspunkten mit Hilfe einer Fuzzy-Regelung. Bei Verwendung mehrerer Sensoren ist eine geeignete Auswahl der Signale, beispielsweise ebenfalls nach gewichteten Gesichtspunkten, erforderlich.

Eine vorteilhafte Anwendung des Distanzelements ist bei einer elektrischen Spule gemäß Anspruch 6 gegeben. Die Spule weist gegenüber einer herkömmlichen Spule eine verbesserte Kühlwirkung auf. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den übrigen Ansprüchen sowie in Verbindung mit dem obengenannten Distanzelement und den dort bereits erwähnten Vorteilen.

Die Spule wird bevorzugt mit einem flüssigen oder gasförmigen Kühlmedium, insbesondere Öl oder SF₆, gekühlt. Diese Kühlmittel lassen insbesondere unter Verwendung eines geregelten Kühlkreislaufes eine besonders günstige Kühlwirkung erwarten. Die Spule kann dabei zumindest teilweise mit Gießharz vergossen sein und eine Wicklung eines Transformators bilden.

Die Erfindung und weitere Vorteile werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Distanzelemente nach dem Stand der Technik;

Fig. 2 ein erstes neues Distanzelement;

Fig. 3 bis 5 und 8 weitere neue Distanzelemente und

Fig. 6 und 7 Distanzelemente im Querschnitt.

Fig. 1 zeigt zwei Distanzelemente 1a, 1b, wie sie nach dem Stand der Technik bei Spulen für Drosseln oder Transformatoren verwendet werden. Es sind dabei Leiter einer Spule im Schnitt gezeigt, wobei die erste Gruppe von Leitern 3a eine erste und die zweite Gruppe von Leitern 3b eine zweite Scheibenspule bilden. Das als Radialbeilage 1a ausgebildete Distanzelement ermöglicht einen radialen Kühlmittelstrom 5a, während eine

Axialleiste 1b einen axialen Kühlmittelstrom 5b ermöglichen. In der Regel sind diese Leisten derart bemessen, daß von ihnen möglichst wenig Leiteroberfläche bedeckt ist, wobei jedoch gleichzeitig eine möglichst hohe mechanische Festigkeit des gesamten Aufbaus gegeben sein muß, was zu einer größeren Bemessung der Distanzelemente 1a, 1b führt.

In der Fig. 2 ist eine mögliche Ausführung des neuen Distanzelements in einer Draufsicht gezeigt. 8a stellt dabei eine Leiteranordnung einer Spule (z. B. eine Scheibenspule) dar, die gekühlt werden soll. Die Darstellung gilt sinngemäß für eine axiale als auch radiale oder sonstige Anordnung. Die Distanzelemente 10a sind dabei derart ausgebildet, daß ihre dem Kühlmedium zugewandte Flächen ein Vielfaches der an der Leiteranordnung 8a anliegenden Flächen betragen. Sie wirken dabei als Kühlkörper. Im vorliegenden Beispiel wird dies durch die Formgebung der Distanzelemente 10a erzielt. Dabei wird ein Distanzelement herkömmlicher Form in Quader 13a (ggf. auch in Würfel oder Scheiben) geteilt, welche gegeneinander versetzt angeordnet sind, wobei unter Beibehaltung der Auflagefläche zur Leiteranordnung 8a, die dem Kühlmittelstrom 15 zugewandte Fläche erheblich vergrößert ist.

Dabei ist es günstig, wenn die Distanzelemente 10a einen möglichst hohen Wärmeleitwert haben, so daß die von ihnen bedeckten Flächen an der Leiteranordnung 8a zusätzlich gekühlt werden. Das Auftreten von lokalen Heißstellen an den Distanzelementen 10a ist damit erheblich verringert. Gegebenenfalls kann auf diese Weise die Kühlung der bedeckten Flächen sogar erheblich besser sein, als die der unbedeckten Flächen. Als Material für die Distanzelemente 10a eignen sich insbesondere Epoxdharze, Glas oder Keramiken, wobei auch gesinterte Materialien in Frage kommen. Derartige Materialien weisen gegebenenfalls von sich aus bereits eine vergrößerte Oberfläche auf, wodurch der Wärmeübergang vom Leiter auf das Kühlmedium nochmals verbessert ist.

Das Flächenverhältnis bei einem derartigen Distanzelement 10a trägt also zur Vergrößerung der Leiter- oder Wicklungskühlfläche der Spule bei. Dabei gilt, daß die charakteristische "Länge" der Isolierstoffkombination "Distanzelement/Kühlmedium" groß gegenüber der Kühlkanalbreite ist. Die charakteristische Länge l ergibt sich zu:

$$l = \frac{\lambda}{\alpha}$$

wobei λ der spezifische Wärmeleitwert des Distanzelements und α die spezifische Wärmeübergangsziffer zwischen Distanzelement und Kühlmedium sind (die "Länge l" ist dabei ein Maß mit Längendimension, das am Bauteil nicht "abmeßbar" ist).

Im Gegensatz zur bisherigen Lösung kann es daher auch zweckmäßig sein, den mit Distanzelementen belegten Anteil der Leiteroberfläche möglichst groß zu wählen. Zusätzlich können gegebenenfalls Belegungsmuster ausgewählt werden, die ein Optimum zwischen maximaler Belegung und maximaler Wärmeabfuhr darstellen. Die in Fig. 2 gezeigte Ausführung weist beispielsweise eine Belegung mit ca. 33% Oberflächenanteil auf.

Bei der Ausbildung der Distanzelemente mit einer entsprechenden Formgebung beispielsweise nach

Fig. 2, tritt zusätzlich noch ein weiterer Effekt auf, der eine synergetische Wirkung hat. Die Formgebung erzeugt nämlich ansich bekannte Turbulenzen im Kühlmittelstrom, was jedoch in Kombination mit der erhöhten Kühlwirkung der Distanzelemente 10a eine überproportionale Wärmeableitung aus der Leiteranordnung 8a erzeugt.

Die Fig. 3 bis 5 zeigen beispielhaft weitere Distanzelemente 10b, 10c, 10d. Sie weisen dabei unterschiedliche Formen auf, die alle zum Ziel haben, die dem Kühlmittelstrom zugewandten Flächen erheblich zu vergrößern. Die Ausbildung der Distanzelemente 10b, 10c, 10d kommt dabei der von Kühlrippen gleich, wobei in Anwendung bei elektrischen Bauelementen elektrisch leitende Werkstoffe in der Regel nicht zur Anwendung kommen.

Eine Ausnahme hierzu ist vielleicht an solchen Stellen einer Spulenanordnung denkbar, an der ein Distanzelement elektrisch isoliert angeordnet gleichzeitig eine potentialsteuernde Wirkung erzeugen soll. Diese Anwendung ist jedoch sehr eingeschränkt und kann sich nur auf spezielle Anwendungsfälle beziehen. Eine andere Ausnahme ist dort denkbar, wo das Distanzelement gleichzeitig als elektrischer Leiter wirkt oder auf einem erhöhten Spannungspotential angeordnet ist.

Die Fig. 6 und 7 zeigen Ausführungen von Distanzelementen 10e und 10f im Querschnitt, wobei auch hier eine Formgebung zur Erzeugung einer vergrößerten Oberfläche gegeben ist.

Die Distanzelemente können, wie in Fig. 6 am Distanzelement 10e beispielhaft gezeigt, Öffnungen 16a, 16b zur Aufnahme eines Sensors aufweisen. Je nach Aufgabenstellung kann dieser in einer Öffnung 16b am Distanzelement oder mittels einer Öffnung 16a im Distanzelement integriert angeordnet sein. Da im Bereich des Distanzelement annähernd die Temperatur des Bauteils annimmt, kann es daher gleichzeitig zur Temperaturerfassung dienen. Insbesondere eignen sich hierfür Lichtleitersensoren, die — auf der vollen Länge des Elements verlegt — eine ortsabhängige Temperaturerfassung erlauben. Damit wird auch das problematische Verlegen des Lichtleiters innerhalb einer Spule vereinfacht.

Lichtleiter sich auch isolationstechnisch problemlos. Die Auswertung der erfaßten Werte kann dabei nach gewichteten Merkmalen erfolgen. Hierzu dient eine nicht weiter gezeigte Auswerteeinrichtung mit Mikroprozessoren, die mit geeigneten Schnittstellen versehen auch einen Datenaustausch mit anderen steuer- oder regelungstechnischen Einrichtung des Transformators erlaubt.

Um eine leichte Verarbeitbarkeit der neuen Distanzelemente zu ermöglichen, können diese beispielsweise, wie in Fig. 8 gezeigt, von einem Trägermaterial 18 zusammengehalten sein. Auf diese Weise benötigen die Distanzelemente 10g auch nicht mehr eine längliche Form in Art von Leisten. Sie können punktförmig auf dem Trägermaterial 18 verteilt sein. Es kann dadurch quasi eine von Kühlmedien gleichmäßig in verschiedene Richtungen 20a, 20b, 20c durchströmte Kühlschiicht gebildet werden. Als Kühlmittel kommt vorzugsweise Öl oder SF₆ in Frage. Das Trägermaterial 18 kann dabei als Folie, Netz oder sonstiges flächenhaftes Material ausgeführt sein, wobei in erster Linie eine Materialauswahl in Optimierung einer verbesserten Kühlung erfolgen soll.

Patentansprüche

1. Distanzelement (10a bis 10g) für die Bildung von Kühlkanälen in einem elektrischen Bauteil, welches Element als Kühlelement ausgebildet und aus einem elektrischen Nichtleiter mit großer Wärmeleitfähigkeit gefertigt ist, wobei dessen dem Kühlmedium zugewandte Kühlfläche groß gegenüber seinen am Bauteil anliegenden Flächen ist und der für den Wärmeübergang zum Kühlmedium wesentliche Bereiche der Kühlfläche eine dreidimensionale Formgebung aufweist. 5 10
2. Distanzelement nach Anspruch 1, gefertigt aus Keramik, Glas oder Epoxydharz.
3. Distanzelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Einzelkühlelemente (10g) vorgesehen sind, welche auf einem Trägermaterial (18) unter Bildung von Kühlmittelfaden (20a, 20b, 20c) angeordnet sind. 15
4. Distanzelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Sensor zur Temperaturerfassung vorgesehen ist. 20
5. Distanzelement nach Anspruch 4, wobei der/die Sensor/en eine Lichtleiter umfassen.
6. Elektrische Spule mit Distanzelementen (10a bis 10g), die gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet sind. 25
7. Elektrische Spule nach Anspruch 6, wobei als Kühlmedium ein flüssiges oder gasförmiges Kühlmittel, insbesondere Öl oder SF₆, vorgesehen ist. 30
8. Elektrische Spule nach einem der Ansprüche 6 oder 7, welche zumindest teilweise mit Gießharz vergossen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

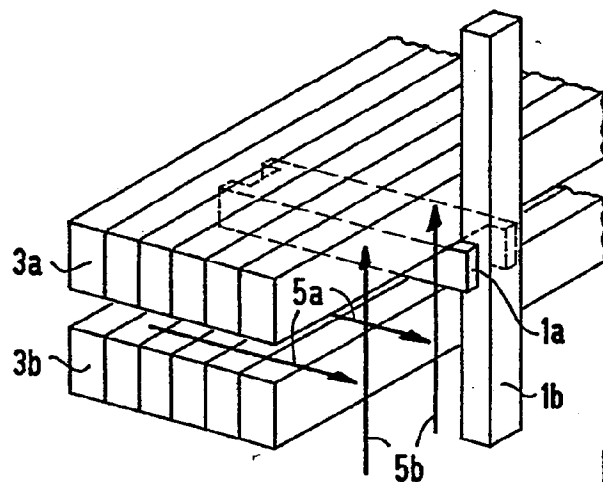


FIG 1

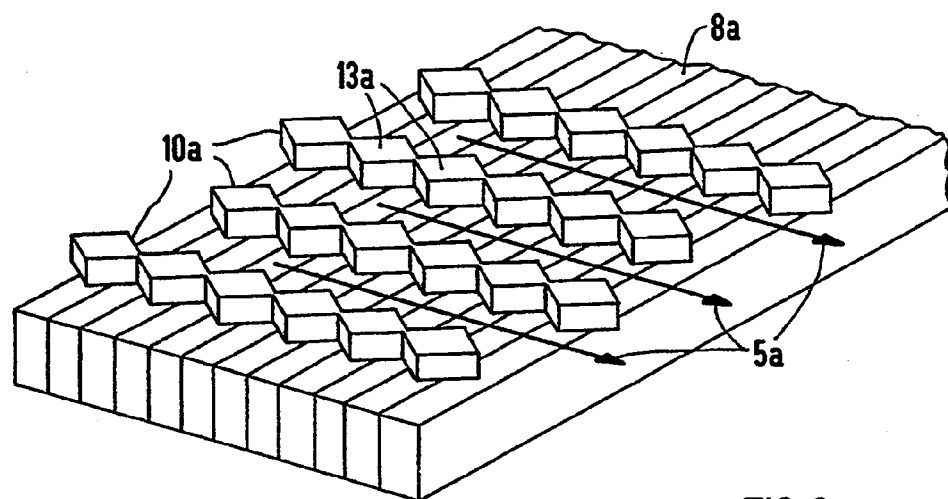


FIG 2

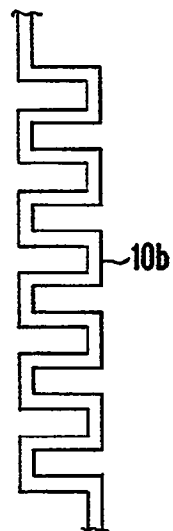


FIG 3

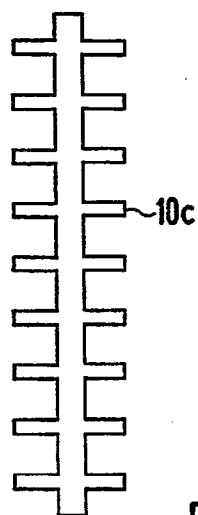


FIG 4

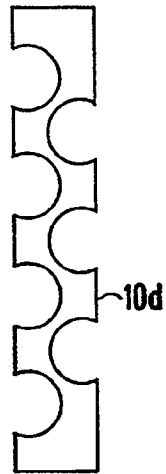


FIG 5

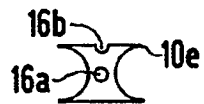


FIG 6

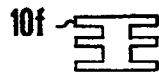


FIG 7

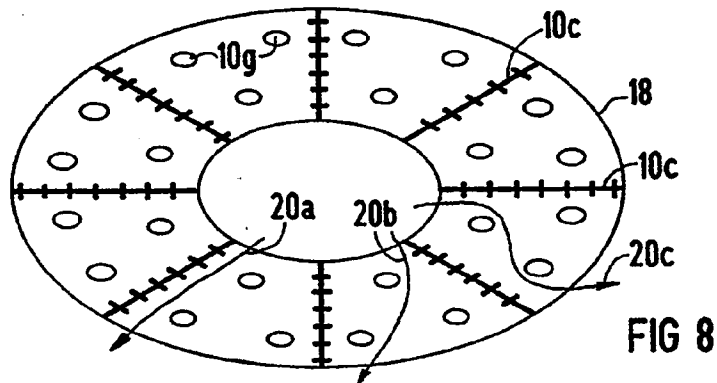


FIG 8

DE4243090-C1

- Channels (5a) for the flow of liq. are formed between the distance pieces (10a) laid across the surface of e.g. a transformer winding (8a). Each distance piece has an extended
- 5 cooling surface constituted by the tops and sides of contiguous square elements (13a), ref. of ceramic, glass or epoxy resin, joined together at opposite corners. The quotient of the thermal conductivity of the distance piece and the coefft. of specific heat transfer to the liq., is large in relation to the breadth of the channels. The cooling medium is oil or SF₆.;
- 10 Cooling of esp. power transformer coils. Heat transfer from transformer coils to coolant is improved by more effective use of surface area of distance piece.